

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-153212

(P2004-153212A)

(43) 公開日 平成16年5月27日(2004.5.27)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01S 5/20F I  
H01S 5/20 610テーマコード (参考)  
5F073

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2002-319676 (P2002-319676)  
(22) 出願日 平成14年11月1日(2002.11.1)(71) 出願人 000000572  
アンリツ株式会社  
神奈川県厚木市恩名1800番地  
(74) 代理人 100079337  
弁理士 早川 誠志  
(72) 発明者 長島 靖明  
東京都港区南麻布五丁目10番27号 ア  
ンリツ株式会社内  
(72) 発明者 下瀬 佳治  
東京都港区南麻布五丁目10番27号 ア  
ンリツ株式会社内  
(72) 発明者 山田 敦史  
東京都港区南麻布五丁目10番27号 ア  
ンリツ株式会社内

最終頁に続く

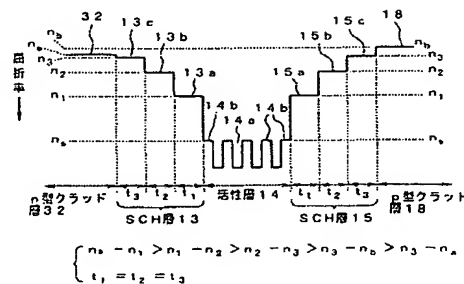
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

## (57) 【要約】

【課題】 活性層への光閉じ込め係数を低くした場合でも、簡単な構成で高出力が得られ、モード変移が起こりにくい半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 InPからなる半導体基板11上に、多重量子井戸構造を含む活性層14と、その活性層14を挟むSCH層13、15と、SCH層13、15を挟むn型クラッド層32およびInPからなるp型クラッド層18とを設けた半導体レーザにおいて、n型クラッド層32を、p型クラッド層18より屈折率が大きいInGaAsPによって構成した。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

InPからなる基板(11)上に、多重量子井戸構造を含む活性層(14)と、該活性層を挟むn型クラッド層(32)およびInPからなるp型クラッド層(18)を設けた半導体発光素子において、

前記n型クラッド層をInGaAsPによって構成したことを特徴とする半導体発光素子。

## 【請求項2】

前記n型クラッド層を構成するInGaAsPの組成波長が $0.97\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体発光素子を高出力化するための技術に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

光通信システムに用いられる光信号は、長距離にわたって敷設された光ファイバ内を伝送されるので、この光信号の光源として用いられる半導体発光素子である半導体レーザの特性としては、高出力、高安定度が要求される。

## 【0003】

20

図12は、高出力特性が配慮された半導体レーザ10の斜視図であり、図13は、要部の断面模式図である。

## 【0004】

図12において、半導体レーザ10は、n型InP(インジウム・リン)からなる半導体基板11上に、n型InPからなるn型クラッド層12、InGaAsP(インジウム・ガリウム・砒素・リン)からなるSCH(Separate Confinement Heterostructure 光閉込構造)層13、InGaAsPからなる活性層14、InGaAsPからなるSCH層15が順番に積層されている。

## 【0005】

なお、n型クラッド層12、SCH層13、活性層14、SCH層15はメサ型に形成されている。このメサ型の両側にp型InPからなる下部埋込層16およびn型InPからなる上部埋込層17が形成されている。

30

## 【0006】

また、SCH層15の上側および上部埋込層17の上面には、p型InPからなるp型クラッド層18が形成され、このp型クラッド層18の上面には、p型コンタクト層19が形成され、さらにこのp型コンタクト層19の上面には、p電極20が設けられている。また、半導体基板11の下面にはn電極21が設けられている。

## 【0007】

良好な発振特性を得るために、活性層14として、一つの均一物質で構成されたバルク構造の他に、図13に示しているように、複数の井戸層14aとこの各井戸層14aの両側に位置する複数の障壁層14bとを積層したMQW(Multi Quantum Well 多量子井戸)構造が採用されている。

40

## 【0008】

さらに、このMQW構造を有した活性層14の下側に位置するSCH層13を複数の層13a、13b、13cからなる多層構造とし、同様に、活性層14の上側に位置するSCH層15を複数の層15a、15b、15cからなる多層構造としている。

## 【0009】

そして、n型クラッド層12、複数の層からなるSCH層13、MQW構造を有した活性層14、複数の層からなるSCH層15、p型クラッド層18の各層についての、活性層14で発光する光に対する屈折率nを、図14に示す屈折率特性となるように設定してい

50

る。

【 0 0 1 0 】

即ち、中央の活性層 1 4 の屈折率が最も高く、両側の各クラッド層 1 2、1 8 の屈折率が等しく最も低くなるように設定し、S C H 層 1 3、1 5 の複数の層も段階的に変化させて、活性層 1 4 を中心として上下対称の特性となるようにしている。

【 0 0 1 1 】

このような屈折率特性を有する半導体レーザ 1 0 の p 電極 2 0 と n 電極 2 1 との間に直流電圧を印加すると、活性層 1 4 で光 P が生起され、その生起された光 P が、図 1 2 に示す半導体レーザ 1 0 の端面 2 2 a、2 2 b から外部へ出射される。

【 0 0 1 2 】

なお、活性層 1 4 の屈折率が各クラッド層 1 2、1 8 の屈折率より高いことによって、活性層 1 4 で生起した光 P の散逸を防ぐ光導波路が形成され、また、活性層 1 4 と両側のクラッド層 1 2、1 8 との間にそれぞれ中間の屈折率を有する S C H 層 1 3、1 5 を介在させたことにより、注入したキャリアを活性層 1 4 の近傍に集中させることができ、キャリアと光が同時に同一領域に集中するので、発光効率が高くなる。

【 0 0 1 3 】

このような構造の半導体レーザ 1 0 を高出力化するために、S C H 層 1 3、1 5 および活性層 1 4 への光閉じ込め係数の低減が有効である。

【 0 0 1 4 】

ところが、S C H 層 1 3、1 5 および活性層 1 4 への光閉じ込め係数を低減した場合、両クラッド層 1 2、1 8 内を通過する光の成分が多くなり、別の問題が発生する。

【 0 0 1 5 】

即ち、両クラッド層 1 2、1 8 内を通過する光の成分が多くなることに対応して両クラッド層 1 2、1 8 の厚さを増す必要があるが、p 型クラッド層 1 8 は比較的電気抵抗が高いため、この p 型クラッド層 1 8 の厚さ増加によって素子全体の電気抵抗が増大して、高電流領域での素子の発熱量が大きくなって、光出力を低下させてしまう。

【 0 0 1 6 】

また、両クラッド層 1 2、1 8 のうち、p 型クラッド層 1 8 内の光の分布が増加すると、価電子帯間光吸収による光損失量が増大してしまう。

【 0 0 1 7 】

この価電子帯間光吸収による光損失量は、p 型クラッド層 1 8 の p 型不純物濃度を小さくすることで低減することができるが、このように p 型不純物濃度を小さくすると、素子の電気抵抗がさらに増大してしまい、高出力が得られなくなってしまう。

【 0 0 1 8 】

この価電子帯間吸収による光損失の問題を解決する方法として、特許文献 1 の欄に示した特開 2 0 0 0 - 1 7 4 3 9 4 号公報には、図 1 5 に示すように、n 型クラッド層 1 2 の内部に、その n 型クラッド層 1 2 より屈折率が高く、活性層 1 4 の屈折率に近い光フィールド制御層 2 3 を設けて、光の分布を n 型クラッド層 1 2 側にシフトさせ、p 型クラッド層 1 8 内に分布する光の量を減らす技術が開示されている。

【 0 0 1 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 1 7 4 3 9 4 号公報

【 0 0 2 0 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、このように n 型クラッド層 1 2 内に活性層 1 4 に近い屈折率の光フィールド制御層 2 3 を設けることは、その構造が複雑化するだけでなく、新たな問題が発生する。

【 0 0 2 1 】

即ち、上記のような光フィールド制御層 2 3 は、活性層 1 4 と同様の構造であるから S C H 層 1 3 から遠い位置に設けた場合、別の光導波路が形成されて光の分布が双峰特性になってしまう。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

したがって、この光フィールド制御層23は、SCH層13の近く設けなければならないが、このような屈折率が高い光フィールド制御層23をSCH層13の近くに設けると、導波路全体の等価屈折率が高くなり、シングルモードから横高次モードへ変移しやすくなってしまう。

#### 【0023】

また、この横高次モードへの変移は、活性層14とSCH層13、15を含めた領域の幅を狭くすることで防止できるが、このように活性層14とSCH層13、15を含めた領域の幅を狭くすることは、素子の電気抵抗および熱抵抗の増加を招き、発光効率を却って低下させてしまう。

#### 【0024】

本発明は、この問題を解決し、活性層への光閉じ込め係数を低くした場合でも、簡単な構成で高出力が得られ、モード変移が起こりにくい半導体発光素子を提供することを目的としている。

#### 【0025】

##### 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明の請求項1の半導体発光素子は、

InPからなる基板(11)上に、多重量子井戸構造を含む活性層(14)と、該活性層を挟むn型クラッド層(32)およびInPからなるp型クラッド層(18)を設けた半導体発光素子において、

前記n型クラッド層をInGaAsPによって構成したことを特徴としている。

#### 【0026】

また、本発明の請求項2の半導体発光素子は、請求項1の半導体発光素子において、前記n型クラッド層を構成するInGaAsPの組成波長が $0.97\mu\text{m}$ 以下であることを特徴としている。

#### 【0027】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

図1は、本発明を適用した半導体レーザ30の全体の構成を示し、図2は要部の断面の構成を示している。なお、この半導体レーザ30の構成において、前記従来の半導体レーザ10と同一部分には、同一符号を付して説明する。

#### 【0028】

この半導体レーザ30では、n型InPからなる半導体基板11の上に、n型InGaAsPからなるn型クラッド層32、InGaAsPからなるSCH層13、InGaAsPからなる活性層14、InGaAsPからなるSCH層15が順番に積層されている。なお、n型クラッド層32、SCH層13、活性層14、SCH層15はメサ型に形成されており、このメサ型の両側にp型InPからなる下部埋込層16およびn型InPからなる上部埋込層17が形成されている。

#### 【0029】

また、SCH層15の上側および上部埋込層17の上面には、p型InPからなるp型クラッド層18が形成され、このp型クラッド層18の上面には、p型コンタクト層19が形成され、さらにこのp型コンタクト層19の上面には、p電極20が設けられている。また、半導体基板11の下面にはn電極21が設けられている。

#### 【0030】

活性層14として、図2に示すように、4層の井戸層14aとこの各井戸層14aの両側に位置する5層の障壁層14bとを積層した4層のMQW(多重量子井戸)構造が採用されている。この4層のMQW構造を有した活性層14の下側に位置するSCH層13を複数の層13a、13b、13cからなる多層構造とし、同様に、活性層14の上側に位置するSCH層15を複数の層15a、15b、15cからなる多層構造としている。

#### 【0031】

図2に示しているように、活性層14における障壁層14bの屈折率を $n_1$ 、n型クラッド層

10

20

30

40

50

ド層 32 の屈折率を  $n_s$ 、p 型クラッド層 18 の屈折率を  $n_b$  とする。また、SCH 層 13 を構成する各層 13a、13b、13c の屈折率および厚さをそれぞれ  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  とし、同様に、SCH 層 15 を構成する各層 15a、15b、15c の屈折率および厚さをそれぞれ  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  とする。

【0032】

そして、各屈折率の大小関係は、次のように、活性層 14 から遠ざかる程小さくなるように設定され、且つ、InGaAsP からなる n 型クラッド層 32 の屈折率  $n_s$  は、InP からなる p 型クラッド層 18 の屈折率  $n_b$  より高い。

【0033】

$n_s > n_1 > n_2 > n_3 > n_s > n_b$

10

【0034】

さらに、この半導体レーザ 30 においては、図 3 に示すように、各 SCH 層 13、15 を構成する隣接する層相互間の屈折率差が、活性層 14 からクラッド層 32、18 へ向かう程小さくなるように設定されている。

【0035】

即ち、

$n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_b - n_s$

となるように設定されている。

【0036】

また、SCH 層 13、15 を構成する各層 13a、13b、13c、15a、15b、15c の厚み  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  は等しく設定されている。

20

【0037】

このように構成された半導体レーザ 30 では、p 電極 20 と n 電極 21 との間に直流電圧を印加すると、活性層 14 で光 P が生起され、その光 P が図 1 に示した半導体レーザ 30 の端面 22a、22b から外部へ出射される。

【0038】

この場合、図 3 の屈折率特性に示したように、SCH 層 13、15 を構成する隣接する層相互間の屈折率差が、活性層 14 から各クラッド層 32、18 へ向かう程小さくなるように設定されているので、SCH 層 13、15 内における活性層 14 の近傍領域の屈折率の高い領域においては屈折率が急激に低下し、両クラッド層の近傍領域の屈折率低い領域においては、屈折率が緩慢に低下する。

30

【0039】

このため、光導波路内で光の集中度を緩和する、即ち、光閉じ込め係数を低くすることができ、内部損失が低下する。

【0040】

また、InGaAsP からなる n 型クラッド層 32 の屈折率  $n_s$  は、InP からなる p 型クラッド層 18 の屈折率  $n_b$  より高いので、図 4 に示しているように、光の分布が、両クラッド層を同一屈折率にしたときの対称な特性 A' に対して、特性 A のように n 型クラッド層 32 側に偏って分布する。

【0041】

このため、活性層 14 および SCH 層 13、15 における光閉じ込め係数を低くしたことによる p 型クラッド層 18 における価電子帯間光吸収による光損失の増加を抑制することができ、高出力なレーザ光を得ることができる。

40

【0042】

また、活性層 14 と n 型クラッド層 32 との屈折率差が従来のものより小さくなるので、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅も拡大することができ、レーザの高出力化にさらに有利となる。

【0043】

また、前記したように n 型クラッド層内に屈折率の高い光フィールド層を設けたものより、構造が簡単で、活性層 13 の幅を拡大でき、それにより、素子抵抗値の増加による光出

50

力の低下も防止できる。

【0044】

また、p型クラッド層18の厚さを増加させる必要がなく、素子抵抗値の増加による光出力の低下を招く恐れもない。

【0045】

なお、ここでは、活性層14およびSCH層13、15における光の閉じ込め係数を低減するための一つの方法として、SCH層13、15を構成する各層の隣接するもの同士の屈折率差が活性層14から遠くなる程小さくなるように設定し、各層の厚さを等しくしていたが、図5に示すように、SCH層13、15を構成する隣接する層相互間の屈折率差を等しくし、各層13a~13c、15a~15cの厚み $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ を活性層14から遠いものほど大きくなるように設定してもよい。

【0046】

即ち、

$$n_s - n_1 = n_1 - n_2 = n_2 - n_3 = n_3 - n_b > n_3 - n_s$$

$$t_1 < t_2 < t_3$$

となるように設定してもよい。

【0047】

また、図6に示すように、SCH層13、15を構成する隣接する層相互間の屈折率差が活性層14から遠くなる程小さくなり、しかも、各層13a~13c、15a~15cの厚み $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ を活性層14から遠いものほど大きくなるように設定してもよい。

【0048】

即ち、

$$n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_3 - n_s$$

$$t_1 < t_2 < t_3$$

となるように設定してもよい。

【0049】

上記図5、図6のように屈折率特性を設定した場合でも、SCH層13、15内における活性層14の近傍領域の屈折率の高い領域においては屈折率が急激に低下し、両クラッド層の近傍領域の屈折率低い領域においては、屈折率が緩慢に低下する。

【0050】

このため、光導波路内で光の集中度を緩和する、即ち、光閉じ込め係数を低くすることができ、内部損失が低下する。

【0051】

また、いずれの場合においても、InGaAsPからなるn型クラッド層32の屈折率 $n_s$ は、InPからなるp型クラッド層18の屈折率 $n_b$ より高いので、光の分布が前記図4で示したように、n型クラッド層32側に偏る。

【0052】

このため、活性層14およびSCH層13、15における光閉じ込め係数を低くしたことによるp型クラッド層18における価電子帯間光吸収による光損失の増加を抑制することができ、高出力なレーザ光を得ることができる。

【0053】

次に、上記した図6の構成の半導体レーザの各部の屈折率、厚さについて具体的な数値例とその特性を示す。

【0054】

共振器長2.3mm、端面の一方がHR膜、他方がLR膜、活性層幅4.0μmとする。

【0055】

また、各屈折率を組成波長で表し、以下のように設定した。なお、p型クラッド層18は組成が決まっているInPによって構成されているので、その組成波長 $n_b$ は一義的に0.925μmとなる。

$$n_s = 1.2 \mu m$$

$$n_1 = 1.15 \mu\text{m}$$

$$n_2 = 1.08 \mu\text{m}$$

$$n_3 = 0.99 \mu\text{m}$$

$$n_4 = 0.95 \mu\text{m}$$

【0056】

また、各層の厚さを以下のように設定した。

$$t_1 = 3.0 \text{ nm}$$

$$t_2 = 8.0 \text{ nm}$$

$$t_3 = 25 \text{ nm}$$

【0057】

また、n型クラッド層32の厚さは約 $7.5 \mu\text{m}$ としているが、4元素であるInGaAsPを格子間間隔を合わせてこのような大きな厚さに形成することは通常は困難であり、特に組成波長 $0.95 \mu\text{m}$ の場合、GaとAsの割合がInやPに対して微量となってさらに困難が増すが、希釈原料の導入や各ガスの流量と成長速度の制御によってこれを実現している。

【0058】

以下、その製造工程の一例を説明する。

まず始めに、不純物濃度 $1 \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のn型InPの半導体基板11上に、有機金属気相成長(MOVPE)法を用いて、層厚が $7.5 \mu\text{m}$ で不純物濃度が $1 \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、組成波長 $0.95 \mu\text{m}$ のInGaAsPからなるn型クラッド層32

10

20

【0059】

次いで、組成波長が $0.99 \mu\text{m}$ 、 $1.08 \mu\text{m}$ 、 $1.15 \mu\text{m}$ のノンドープInGaAsPをそれぞれ $25 \text{ nm}$ 、 $8 \text{ nm}$ 、 $3 \text{ nm}$ の厚さで積層して、SCH層13を形成する。

【0060】

そして、SCH層13の上に、InGaAsPの井戸層14aとInGaAsPの障壁層14bを交互に成長し、井戸層数4の多重量子井戸構造の活性層14を形成する。

【0061】

次に、活性層14の上に、組成波長が $1.15 \mu\text{m}$ 、 $1.08 \mu\text{m}$ 、 $0.99 \mu\text{m}$ のノンドープInGaAsPをそれぞれ $3 \text{ nm}$ 、 $8 \text{ nm}$ 、 $25 \text{ nm}$ の厚さで積層して、SCH層15を形成する。

30

【0062】

そして、SCH層15の上に不純物濃度が $5 \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ で厚さ $0.5 \mu\text{m}$ のInPからなるp型クラッド層18の下層部を成長する。

【0063】

その後、プラズマCVD法等により全面にSiNx膜を数 $10 \text{ nm}$ 程度堆積し、これをフォトリソグラフィ工程で幅 $7 \mu\text{m}$ 程度のストライプ状に形成したものをエッチングマスクとして、塩酸、過酸化水素水、水の混合液からなるエッチング溶液に浸し、メサ形状を形成する。これにより活性層部分の幅はおよそ $4 \mu\text{m}$ となる。

【0064】

続いて、前記SiNx膜を成長阻害マスクに利用して、MOVPE法により、p型InPの下部埋込層16、n型InPの上部埋込層17を積層して、メサ両側部を埋め込んだ後、SiNx膜を除去する。

40

【0065】

その後全面に不純物濃度 $5 \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ のInPからなるp型クラッド層18の上層部を $2.5 \mu\text{m}$ 成長し、さらに、不純物濃度 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度のInGaAsのp型コンタクト層19を $0.3 \mu\text{m}$ 成長する。

【0066】

そして、p型コンタクト層19の上面にp電極20を形成し、半導体基板11の下側にn電極21を形成した後、長さ $2.3 \text{ mm}$ で切り出し、前端面にLR膜、後端面にHR膜を

50

施し、レーザ構造とする。

【 0 0 6 7 】

上記のように構成された半導体レーザの電流対出力の特性を図 7 に示す。

図 7 において、特性 F は上記数値例の半導体レーザの特性であり、特性 F' は n 型クラッド層 3 2 の代わりに屈折率が p 型クラッド層 1 8 と等しい従来の n 型クラッド層 1 2 を用いた活性層幅 3 . 3  $\mu\text{m}$  の半導体レーザの特性を示している。

【 0 0 6 8 】

この図 7 から明らかなように、特性 F の光出力は特性 F' より大きくなっており、特に、低電流領域のスロープ効率（傾き）が格段に大きくなっており、I n P からなる p 型クラッド層 1 8 より屈折率の高い I n G a A s P からなる n 型クラッド層 3 2 を用いたことによる顕著な効果が現れている。また、活性層幅を広げることができたことにより、放熱効果が大きくなり、飽和出力の電流値が増加する。 10

【 0 0 6 9 】

また、この半導体レーザの p 型クラッド層 1 8 内における光閉じ込め係数は 2 1 パーセントであり、従来構造の閉じ込め係数 4 2 パーセントに対して大幅に低減していることが確認されている。

【 0 0 7 0 】

また、実際に作成した半導体レーザから見積もった内部損失の値も、従来構造のものが 5 ~ 6  $\text{cm}^{-1}$  であるのに対し、この半導体レーザでは、3 . 5  $\text{cm}^{-1}$  まで改善されている。 20

【 0 0 7 1 】

また、上記した半導体レーザは埋め込み構造のものであったが、図 8 に示すリッジ構造の半導体レーザについても本発明は同様に適用できる。なお、図 8 において、符号 2 4 は S i O<sub>2</sub> からなる絶縁層である。

【 0 0 7 2 】

このようなリッジ構造の半導体レーザの場合でも、I n P からなる p 型クラッド層 1 8 に対して、それより屈折率の大きい I n G a A s P からなる n 型クラッド層 3 2 を用いているので、前記同様に、光の分布を n 型クラッド層 3 2 側に偏らせることができ、上記同様に高出力のレーザ光が得られる。

【 0 0 7 3 】

また、前記した半導体レーザでは、n 型の半導体基板 1 1 上に各層を形成した例を示したが、図 9 に示すように、p 型の半導体基板 1 1' 上に各層を形成した半導体レーザにおいても、その n 型クラッド層 3 2 を、I n P からなる p 型クラッド層 1 8 より屈折率が高い I n G a A s P によって構成することで、上記同様の効果を得ることができる。 30

【 0 0 7 4 】

なお、上記した各半導体レーザでは、S C H 層 1 3 の最も外側の層 1 3 c の組成波長を、I n G a A s P からなる n 型クラッド層 3 2 の組成波長より長くしていたが、図 1 0 に示すように、S C H 層 1 3 の最も外側の層 1 3 c の組成波長を I n G a A s P からなる n 型クラッド層 3 2 の組成波長より短くしてもよい。

【 0 0 7 5 】

また、上記した半導体レーザでは、n 型クラッド層 3 2 を構成する I n G a A s P の組成波長を 0 . 9 5  $\mu\text{m}$  としていたが、これは本発明を限定するものではない。ただし、活性層への光閉じ込め係数にもよるが、一般的な高出力レーザにおいて I n G a A s P の組成波長を 0 . 9 7  $\mu\text{m}$  より大きくすると、導波光はこの n 側クラッドの影響を強く受け過ぎて、導波モードが存在できなくなるので、n 型クラッド層 3 2 を構成する I n G a A s P の組成波長は 0 . 9 7  $\mu\text{m}$  以下にするのが望ましい。 40

【 0 0 7 6 】

また、上記した各半導体レーザでは、活性層 1 4 の両側に S C H 層 1 3、1 5 が設けられていたが、図 1 1 に示すように、S C H 層 1 3、1 5 が設けられておらず、活性層 1 4 の両側に両クラッド 1 8、3 2 層が隣接している半導体レーザや、外部共振器型半導体レー 50



ザ、発光ダイオード ( L E D ) 等の他の半導体発光素子についても本発明を同様に適用できる。

【 0 0 7 7 】

【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明の半導体発光素子は、 $n$ 型クラッド層を、 $I n P$ からなる $p$ 型クラッド層より屈折率が高い $I n G a A s P$ によって構成している。

【 0 0 7 8 】

このため、簡単な構成で、光の分布を $n$ 型クラッド層側に偏らせることができ、活性層の閉じ込め係数を低くした場合でも、 $p$ 型クラッド層における価電子帯間吸収による光出力の低下を防止でき、高出力の光を得ることができる。

10

【 0 0 7 9 】

また、活性層と $n$ 型クラッド層との屈折率差が従来のものより小さくなるので、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅も拡大することができ、高出力化にさらに有利となる。

【 0 0 8 0 】

また、 $p$ 型クラッド層の厚さを増加させる必要がなく、素子抵抗値の増加による光出力の低下を招く恐れもない。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施形態の斜視図

【 図 2 】 実施形態の要部の断面図

【 図 3 】 実施形態の各層の屈折率特性を示す図

20

【 図 4 】 実施形態の光の分布特性を示す図

【 図 5 】 他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【 図 6 】 他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【 図 7 】 図 6 の実施形態の供給電流対出力の特性を示す図

【 図 8 】 リッジ構造の半導体レーザについての実施形態を説明するための図

【 図 9 】  $p$ 型基板上に構成した例を示す図

【 図 1 0 】 他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【 図 1 1 】 他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【 図 1 2 】 従来の半導体レーザの斜視図

【 図 1 3 】 従来の半導体レーザの要部断面図

30

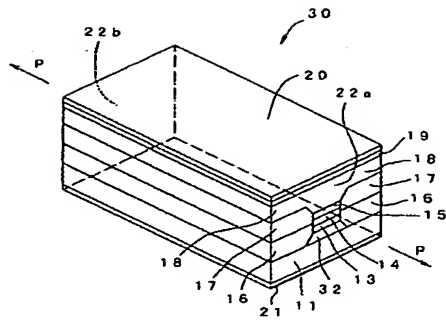
【 図 1 4 】 従来の半導体レーザの要部の屈折率特性を示す図

【 図 1 5 】  $n$ 型クラッド層内に別の層を設けた構造を示す図

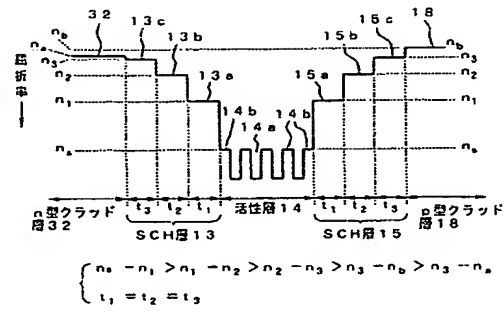
【 符号の説明 】

1 1、1 1' ……半導体基板、1 3、1 5 …… $S C H$ 層、1 4 ……活性層、1 6、1 7 ……埋込層、1 8 …… $p$ 型クラッド層、1 9 …… $p$ 型コンタクト層、2 0 …… $p$ 電極、2 1 …… $n$ 電極、2 2 a、2 2 b ……端面、3 0 ……半導体レーザ、3 2 …… $n$ 型クラッド層

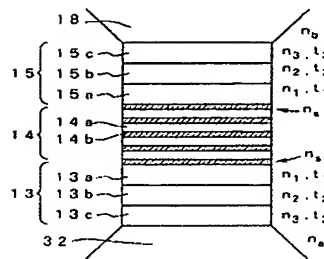
【 図 1 】



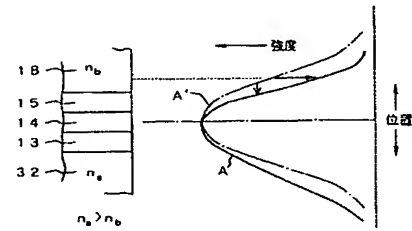
【 図 3 】



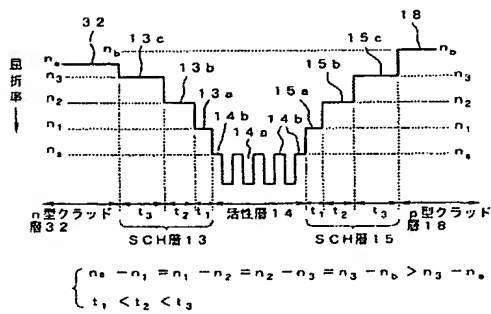
【 図 2 】



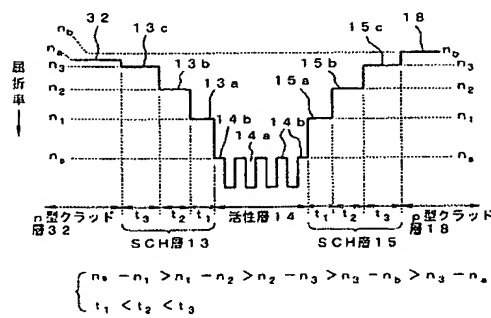
【 図 4 】



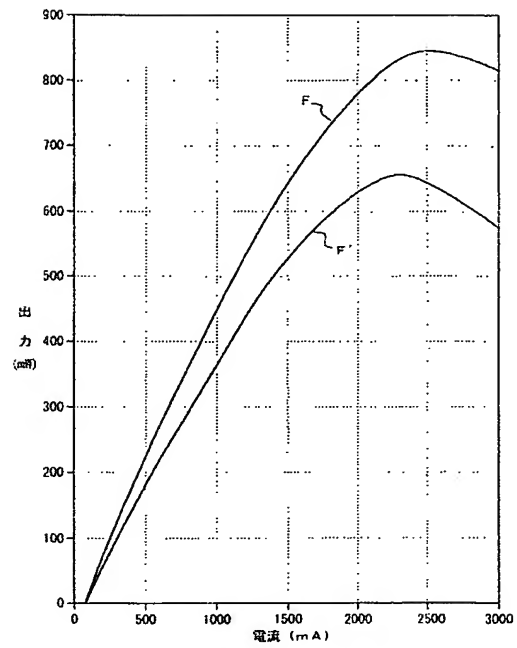
【 図 5 】



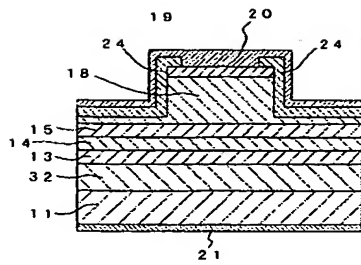
【 図 6 】



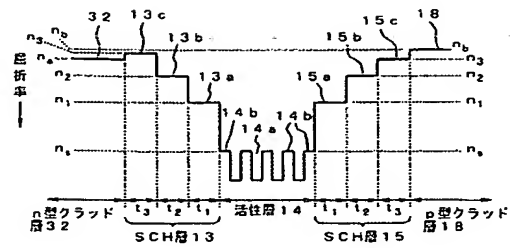
【 図 7 】



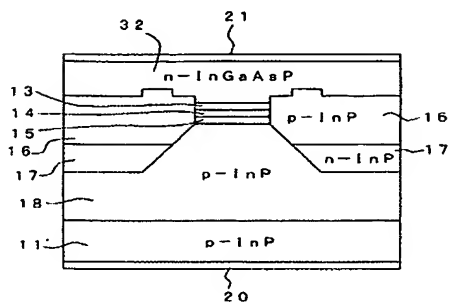
【 図 8 】



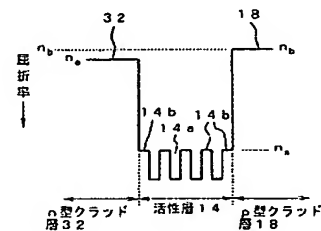
【 図 10 】



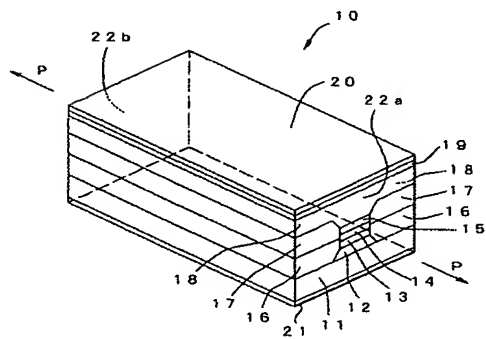
【 図 9 】



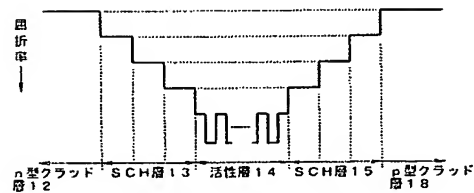
【 図 11 】



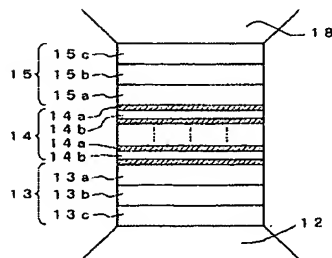
【 図 12 】



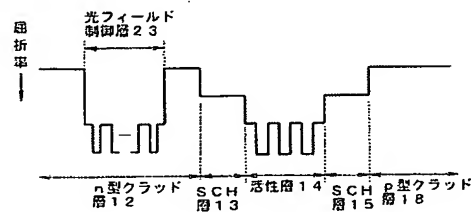
【 図 14 】



【 図 13 】



【 図 15 】



【手続補正書】

【提出日】平成15年9月3日(2003.9.3)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 InPからなる基板(11)上に、活性層(14)と、該活性層を挟むn型クラッド層(32)およびInPからなるp型クラッド層(18)を設けた半導体発光素子において、

前記n型クラッド層をInGaAsPによって構成したことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記n型クラッド層を構成するInGaAsPの組成波長が0.97 $\mu$ m以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】 InPからなる基板(11)上に、活性層(14)と、該活性層を挟むn型クラッド層(32)およびp型クラッド層(18)を設けた半導体発光素子において、前記n型クラッド層の屈折率が前記p型クラッド層の屈折率よりも高いことを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体発光素子を高出力化するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信システムに用いられる光信号は、長距離にわたって敷設された光ファイバ内を伝送されるので、この光信号の光源として用いられる半導体発光素子である半導体レーザの特性としては、高出力、高安定度が要求される。

【0003】

図12は、高出力特性が配慮された半導体レーザ10の斜視図であり、図13は、要部の断面模式図である。

【0004】

図12において、半導体レーザ10は、n型InP(インジウム・リン)からなる半導体基板11上に、n型InPからなるn型クラッド層12、InGaAsP(インジウム・ガリウム・砒素・リン)からなるSCH(Separate Confinement Heterostructure 光閉込構造)層13、InGaAsPからなる活性層14、InGaAsPからなるSCH層15が順番に積層されている。

【0005】

なお、n型クラッド層12、SCH層13、活性層14、SCH層15はメサ型に形成されている。このメサ型の両側にp型InPからなる下部埋込層16およびn型InPからなる上部埋込層17が形成されている。

【0006】

また、SCH層15の上側および上部埋込層17の上面には、p型InPからなるp型クラッド層18が形成され、このp型クラッド層18の上面には、p型コンタクト層19が形成され、さらにこのp型コンタクト層19の上面には、p電極20が設けられている。また、半導体基板11の下面にはn電極21が設けられている。

【0007】

良好な発振特性を得るために、活性層14として、一つの均一物質で構成されたバルク構造の他に、図13に示しているように、複数の井戸層14aとこの各井戸層14aの両側に位置する複数の障壁層14bとを積層したMQW(Multi Quantum Well

1 1 多量子井戸) 構造が採用されている。

【 0 0 0 8 】

さらに、このMQW構造を有した活性層14の下側に位置するSCH層13を複数の層13a、13b、13cからなる多層構造とし、同様に、活性層14の上側に位置するSCH層15を複数の層15a、15b、15cからなる多層構造としている。

【 0 0 0 9 】

そして、n型クラッド層12、複数の層からなるSCH層13、MQW構造を有した活性層14、複数の層からなるSCH層15、p型クラッド層18の各層についての、活性層14で発光する光に対する屈折率nを、図14に示す屈折率特性となるように設定している。

【 0 0 1 0 】

即ち、中央の活性層14の屈折率が最も高く、両側の各クラッド層12、18の屈折率が等しく最も低くなるように設定し、SCH層13、15の複数の層も段階的に変化させて、活性層14を中心として上下対称の特性となるようにしている。

【 0 0 1 1 】

このような屈折率特性を有する半導体レーザ10のp電極20とn電極21との間に直流電圧を印加すると、活性層14で光Pが生起され、その生起された光Pが、図12に示す半導体レーザ10の端面22a、22bから外部へ出射される。

【 0 0 1 2 】

なお、活性層14の屈折率が各クラッド層12、18の屈折率より高いことによって、活性層14で生起した光Pの散逸を防ぐ光導波路が形成され、また、活性層14と両側のクラッド層12、18との間にそれぞれ中間の屈折率を有するSCH層13、15を介在させたことにより、注入したキャリアを活性層14の近傍に集中させることができ、キャリアと光が同時に同一領域に集中するので、発光効率が高くなる。

【 0 0 1 3 】

このような構造の半導体レーザ10を高出力化するために、SCH層13、15および活性層14への光閉じ込め係数の低減が有効である。

【 0 0 1 4 】

ところが、SCH層13、15および活性層14への光閉じ込め係数を低減した場合、両クラッド層12、18内を通過する光の成分が多くなり、別の問題が発生する。

【 0 0 1 5 】

即ち、両クラッド層12、18内を通過する光の成分が多くなることに対応して両クラッド層12、18の厚さを増す必要があるが、p型クラッド層18は比較的電気抵抗が高いため、このp型クラッド層18の厚さ増加によって素子全体の電気抵抗が増大して、高電流領域での素子の発熱量が大きくなって、光出力を低下させてしまう。

【 0 0 1 6 】

また、両クラッド層12、18のうち、p型クラッド層18内の光の分布が増加すると、価電子帯間光吸収による光損失量が増大してしまう。

【 0 0 1 7 】

この価電子帯間光吸収による光損失量は、p型クラッド層18のp型不純物濃度を小さくすることで低減することができるが、このようにp型不純物濃度を小さくすると、素子の電気抵抗がさらに増大してしまい、高出力が得られなくなってしまう。

【 0 0 1 8 】

この価電子帯間吸収による光損失の問題を解決する方法として、特許文献1の欄に示した特開2000-174394号公報には、図15に示すように、n型クラッド層12の内部に、そのn型クラッド層12より屈折率が高く、活性層14の屈折率に近い光フィールド制御層23を設けて、光の分布をn型クラッド層12側にシフトさせ、p型クラッド層18内に分布する光の量を減らす技術が開示されている。

【 0 0 1 9 】

【特許文献1】特開2000-174394号公報

## 【 0 0 2 0 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

しかし、このように n 型クラッド層 1 2 内に活性層 1 4 に近い屈折率の光フィールド制御層 2 3 を設けることは、その構造が複雑化するだけでなく、新たな問題が発生する。

## 【 0 0 2 1 】

即ち、上記のような光フィールド制御層 2 3 は、活性層 1 4 と同様の構造であるから S C H 層 1 3 から遠い位置に設けた場合、別の光導波路が形成されて光の分布が双峰特性になってしまう。

## 【 0 0 2 2 】

したがって、この光フィールド制御層 2 3 は、S C H 層 1 3 の近く設けなければならないが、このような屈折率が高い光フィールド制御層 2 3 を S C H 層 1 3 の近くに設けると、導波路全体の等価屈折率が高くなり、シングルモードから横高次モードへ変移しやすくなってしまう。

## 【 0 0 2 3 】

また、この横高次モードへの変移は、活性層 1 4 と S C H 層 1 3、1 5 を含めた領域の幅を狭くすることで防止できるが、このように活性層 1 4 と S C H 層 1 3、1 5 を含めた領域の幅を狭くすることは、素子の電気抵抗および熱抵抗の増加を招き、発光効率を却って低下させてしまう。

## 【 0 0 2 4 】

本発明は、この問題を解決し、活性層への光閉じ込め係数を低くした場合でも、簡単な構成で高出力が得られ、モード変移が起こりにくい半導体発光素子を提供することを目的としている。

## 【 0 0 2 5 】

## 【 課題を解決するための手段 】

前記目的を達成するために、本発明の請求項 1 の半導体発光素子は、

I n P からなる基板 ( 1 1 ) 上に、活性層 ( 1 4 ) と、該活性層を挟む n 型クラッド層 ( 3 2 ) および I n P からなる p 型クラッド層 ( 1 8 ) を設けた半導体発光素子において、前記 n 型クラッド層を I n G a A s P によって構成したことを特徴としている。

## 【 0 0 2 6 】

また、本発明の請求項 2 の半導体発光素子は、請求項 1 の半導体発光素子において、前記 n 型クラッド層を構成する I n G a A s P の組成波長が  $0.97\mu\text{m}$  以下であることを特徴としている。

## 【 0 0 2 7 】

また、本発明の請求項 3 の半導体発光素子は、

I n P からなる基板 ( 1 1 ) 上に、活性層 ( 1 4 ) と、該活性層を挟む n 型クラッド層 ( 3 2 ) および I n P からなる p 型クラッド層 ( 1 8 ) を設けた半導体発光素子において、前記 n 型クラッド層の屈折率が前記 p 型クラッド層の屈折率よりも高いことを特徴としている。

## 【 0 0 2 8 】

## 【 発明の実施の形態 】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

図 1 は、本発明を適用した半導体レーザ 3 0 の全体の構成を示し、図 2 は要部の断面の構造を示している。なお、この半導体レーザ 3 0 の構成において、前記従来の半導体レーザ 1 0 と同一部分には、同一符号を付して説明する。

## 【 0 0 2 9 】

この半導体レーザ 3 0 では、n 型 I n P からなる半導体基板 1 1 の上に、n 型 I n G a A s P からなる n 型クラッド層 3 2、I n G a A s P からなる S C H 層 1 3、I n G a A s P からなる活性層 1 4、I n G a A s P からなる S C H 層 1 5 が順番に積層されている。なお、n 型クラッド層 3 2、S C H 層 1 3、活性層 1 4、S C H 層 1 5 はメサ型に形成されており、このメサ型の両側に p 型 I n P からなる下部埋込層 1 6 および n 型 I n P から

なる上部埋込層 17 が形成されている。

【 0030 】

また、SCH層 15 の上側および上部埋込層 17 の上面には、p 型 InP からなる p 型クラッド層 18 が形成され、この p 型クラッド層 18 の上面には、p 型コンタクト層 19 が形成され、さらにこの p 型コンタクト層 19 の上面には、p 電極 20 が設けられている。また、半導体基板 11 の下面には n 電極 21 が設けられている。

【 0031 】

活性層 14 として、図 2 に示すように、4 層の井戸層 14a とこの各井戸層 14a の両側に位置する 5 層の障壁層 14b とを積層した 4 層の MQW (多重量子井戸) 構造が採用されている。この 4 層の MQW 構造を有した活性層 14 の下側に位置する SCH 層 13 を複数の層 13a、13b、13c からなる多層構造とし、同様に、活性層 14 の上側に位置する SCH 層 15 を複数の層 15a、15b、15c からなる多層構造としている。

【 0032 】

図 2 に示しているように、活性層 14 における障壁層 14b の屈折率を  $n_1$ 、n 型クラッド層 32 の屈折率を  $n_2$ 、p 型クラッド層 18 の屈折率を  $n_3$  とする。また、SCH 層 13 を構成する各層 13a、13b、13c の屈折率および厚さをそれぞれ  $n_4$ 、 $n_5$ 、 $n_6$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  とし、同様に、SCH 層 15 を構成する各層 15a、15b、15c の屈折率および厚さをそれぞれ  $n_7$ 、 $n_8$ 、 $n_9$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ 、 $t_6$  とする。

【 0033 】

そして、各屈折率の大小関係は、次のように、活性層 14 から遠ざかる程小さくなるように設定され、且つ、InGaAsP からなる n 型クラッド層 32 の屈折率  $n_2$  は、InP からなる p 型クラッド層 18 の屈折率  $n_3$  より高い。

【 0034 】

$n_2 > n_4 > n_5 > n_6 > n_7 > n_8 > n_9$

【 0035 】

さらに、この半導体レーザ 30 においては、図 3 に示すように、各 SCH 層 13、15 を構成する隣接する層相互間の屈折率差が、活性層 14 からクラッド層 32、18 へ向かう程小さくなるように設定されている。

【 0036 】

即ち、

$n_2 - n_4 > n_4 - n_5 > n_5 - n_6 > n_6 - n_7 > n_7 - n_8 > n_8 - n_9$

となるように設定されている。

【 0037 】

また、SCH 層 13、15 を構成する各層 13a、13b、13c、15a、15b、15c の厚み  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  は等しく設定されている。

【 0038 】

このように構成された半導体レーザ 30 では、p 電極 20 と n 電極 21 との間に直流電圧を印加すると、活性層 14 で光 P が生起され、その光 P が図 1 に示した半導体レーザ 30 の端面 22a、22b から外部へ出射される。

【 0039 】

この場合、図 3 の屈折率特性に示したように、SCH 層 13、15 を構成する隣接する層相互間の屈折率差が、活性層 14 から各クラッド層 32、18 へ向かう程小さくなるように設定されているので、SCH 層 13、15 内における活性層 14 の近傍領域の屈折率の高い領域においては屈折率が急激に低下し、両クラッド層の近傍領域の屈折率低い領域においては、屈折率が緩慢に低下する。

【 0040 】

このため、光導波路内で光の集中度を緩和する、即ち、光閉じ込め係数を低くすることができ、内部損失が低下する。

【 0041 】

また、InGaAsP からなる n 型クラッド層 32 の屈折率  $n_2$  は、InP からなる p 型

クラッド層 18 の屈折率  $n_b$  より高いので、図 4 に示しているように、光の分布が、両クラッド層を同一屈折率にしたときの対称な特性  $A'$  に対して、特性  $A$  のように  $n$  型クラッド層 32 側に偏って分布する。

#### 【 0 0 4 2 】

このため、活性層 14 および SCH 層 13、15 における光閉じ込め係数を低くしたことによる  $p$  型クラッド層 18 における価電子帯間光吸収による光損失の増加を抑制することができ、高出力なレーザ光を得ることができる。

#### 【 0 0 4 3 】

また、活性層 14 と  $n$  型クラッド層 32 との屈折率差が従来のものより小さくなるので、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅も拡大することができ、レーザの高出力化にさらに有利となる。

#### 【 0 0 4 4 】

また、前記したように  $n$  型クラッド層内に屈折率の高い光フィールド層を設けたものより、構造が簡単で、活性層 13 の幅を拡大でき、それにより、素子抵抗値の増加による光出力の低下も防止できる。

#### 【 0 0 4 5 】

また、 $p$  型クラッド層 18 の厚さを増加させる必要がなく、素子抵抗値の増加による光出力の低下を招く恐れもない。

#### 【 0 0 4 6 】

なお、ここでは、活性層 14 および SCH 層 13、15 における光の閉じ込め係数を低減するための一つの方法として、SCH 層 13、15 を構成する各層の隣接するもの同士の屈折率差が活性層 14 から遠くなる程小さくなるように設定し、各層の厚さを等しくしていたが、図 5 に示すように、SCH 層 13、15 を構成する隣接する層相互間の屈折率差を等しくし、各層 13a ~ 13c、15a ~ 15c の厚み  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  を活性層 14 から遠いものほど大きくなるように設定してもよい。

#### 【 0 0 4 7 】

即ち、

$$n_s - n_1 = n_1 - n_2 = n_2 - n_3 = n_3 - n_b > n_3 - n_a \\ t_1 < t_2 < t_3$$

となるように設定してもよい。

#### 【 0 0 4 8 】

また、図 6 に示すように、SCH 層 13、15 を構成する隣接する層相互間の屈折率差が活性層 14 から遠くなる程小さくなり、しかも、各層 13a ~ 13c、15a ~ 15c の厚み  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  を活性層 14 から遠いものほど大きくなるように設定してもよい。

#### 【 0 0 4 9 】

即ち、

$$n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_3 - n_a \\ t_1 < t_2 < t_3$$

となるように設定してもよい。

#### 【 0 0 5 0 】

上記図 5、図 6 のように屈折率特性を設定した場合でも、SCH 層 13、15 内における活性層 14 の近傍領域の屈折率の高い領域においては屈折率が急激に低下し、両クラッド層の近傍領域の屈折率低い領域においては、屈折率が緩慢に低下する。

#### 【 0 0 5 1 】

このため、光導波路内で光の集中度を緩和する、即ち、光閉じ込め係数を低くすることができ、内部損失が低下する。

#### 【 0 0 5 2 】

また、いずれの場合においても、InGaAsP からなる  $n$  型クラッド層 32 の屈折率  $n$  は、InP からなる  $p$  型クラッド層 18 の屈折率  $n_b$  より高いので、光の分布が前記図 4 で示したように、 $n$  型クラッド層 32 側に偏る。



## 【 0 0 5 3 】

このため、活性層 1 4 および S C H 層 1 3、1 5 における光閉じ込め係数を低くしたことによる p 型クラッド層 1 8 における価電子帯間光吸収による光損失の増加を抑制することができ、高出力なレーザ光を得ることができる。

## 【 0 0 5 4 】

次に、上記した図 6 の構成の半導体レーザの各部の屈折率、厚さについて具体的な数値例とその特性を示す。

## 【 0 0 5 5 】

共振器長 2. 3 m m、端面の一方が H R 膜、他方が L R 膜、活性層幅 4. 0  $\mu$  m とする。

## 【 0 0 5 6 】

また、各屈折率を組成波長で表し、以下のように設定した。なお、p 型クラッド層 1 8 は組成が決まっている I n P によって構成されているので、その組成波長  $n_s$  は一義的に 0. 9 2 5  $\mu$  m となる。

$$n_s = 1. 2 \mu \text{m}$$

$$n_1 = 1. 1 5 \mu \text{m}$$

$$n_2 = 1. 0 8 \mu \text{m}$$

$$n_3 = 0. 9 9 \mu \text{m}$$

$$n_s = 0. 9 5 \mu \text{m}$$

## 【 0 0 5 7 】

また、各層の厚さを以下のように設定した。

$$t_1 = 3. 0 \text{ nm}$$

$$t_2 = 8. 0 \text{ nm}$$

$$t_3 = 2 5 \text{ nm}$$

## 【 0 0 5 8 】

また、n 型クラッド層 3 2 の厚さは約 7. 5  $\mu$  m としているが、4 元素である I n G a A s P を格子間間隔を合わせてこのような大きな厚さに形成することは通常は困難であり、特に組成波長 0. 9 5  $\mu$  m の場合、G a と A s の割合が I n や P に対して微量となつてさらに困難さが増すが、希釈原料の導入や各ガスの流量と成長速度の制御によってこれを実現している。

## 【 0 0 5 9 】

以下、その製造工程の一例を説明する。

先ず始めに、不純物濃度  $1 \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  の n 型 I n P の半導体基板 1 1 上に、有機金属気相成長 (M O V P E) 法を用いて、層厚が 7. 5  $\mu$  m で不純物濃度が  $1 \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、組成波長 0. 9 5  $\mu$  m の I n G a A s P からなる n 型クラッド層 3 2 を形成する。

## 【 0 0 6 0 】

次いで、組成波長が 0. 9 9  $\mu$  m、1. 0 8  $\mu$  m、1. 1 5  $\mu$  m のノンドープ I n G a A s P をそれぞれ 2 5 n m、8 n m、3 n m の厚さで積層して、S C H 層 1 3 を形成する。

## 【 0 0 6 1 】

そして、S C H 層 1 3 の上に、I n G a A s P の井戸層 1 4 a と I n G a A s P の障壁層 1 4 b を交互に成長し、井戸層数 4 の多重量子井戸構造の活性層 1 4 を形成する。

## 【 0 0 6 2 】

次に、活性層 1 4 の上に、組成波長が 1. 1 5  $\mu$  m、1. 0 8  $\mu$  m、0. 9 9  $\mu$  m のノンドープ I n G a A s P をそれぞれ 3 n m、8 n m、2 5 n m の厚さで積層して、S C H 層 1 5 を形成する。

## 【 0 0 6 3 】

そして、S C H 層 1 5 の上に不純物濃度が  $5 \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  で厚さ 0. 5  $\mu$  m の I n P からなる p 型クラッド層 1 8 の下層部を成長する。

## 【 0 0 6 4 】

その後、プラズマ C V D 法等により全面に S i N x 膜を数 1 0 n m 程度堆積し、これをフ

オトリソグラフィ工程で幅  $7\mu\text{m}$  程度のストライプ状に形成したものをエッチングマスクとして、塩酸、過酸化水素水、水の混合液からなるエッチング溶液に浸し、メサ形状を形成する。これにより活性層部分の幅はおよそ  $4\mu\text{m}$  となる。

【 0 0 6 5 】

続いて、前記  $\text{SiN}_x$  膜を成長阻害マスクに利用して、MOVPE法により、p型InPの下部埋込層16、n型InPの上部埋込層17を積層して、メサ両側部を埋め込んだ後、 $\text{SiN}_x$  膜を除去する。

【 0 0 6 6 】

その後全面に不純物濃度  $5 \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  のInPからなるp型クラッド層18の上層部を  $2.5\mu\text{m}$  成長し、さらに、不純物濃度  $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  程度のInGaAsのp型コンタクト層19を  $0.3\mu\text{m}$  成長する。

【 0 0 6 7 】

そして、p型コンタクト層19の上面にp電極20を形成し、半導体基板11の下側にn電極21を形成した後、長さ  $2.3\text{mm}$  で切り出し、前端面にLR膜、後端面にHR膜を施し、レーザ構造とする。

【 0 0 6 8 】

上記のように構成された半導体レーザの電流対出力の特性を図7に示す。

図7において、特性Fは上記数値例の半導体レーザの特性であり、特性F'はn型クラッド層32の代わりに屈折率がp型クラッド層18と等しい従来のn型クラッド層12を用いた活性層幅  $3.3\mu\text{m}$  の半導体レーザの特性を示している。

【 0 0 6 9 】

この図7から明らかなように、特性Fの光出力は特性F'より大きくなっており、特に、低電流領域のスロープ効率（傾き）が格段に大きくなっており、InPからなるp型クラッド層18より屈折率の高いInGaAsPからなるn型クラッド層32を用いたことによる顕著な効果が現れている。また、活性層幅を広げることができたことにより、放熱効果が大きくなり、飽和出力の電流値が増加する。

【 0 0 7 0 】

また、この半導体レーザのp型クラッド層18内における光閉じ込め係数は21パーセントであり、従来構造の閉じ込め係数42パーセントに対して大幅に低減していることが確認されている。

【 0 0 7 1 】

また、実際に作成した半導体レーザから見積もった内部損失の値も、従来構造のものが  $5 \sim 6\text{cm}^{-1}$  であるのに対し、この半導体レーザでは、  $3.5\text{cm}^{-1}$  まで改善されている。

【 0 0 7 2 】

また、上記した半導体レーザは埋め込み構造のものであったが、図8に示すリッジ構造の半導体レーザについても本発明は同様に適用できる。なお、図8において、符号24は $\text{SiO}_2$ からなる絶縁層である。

【 0 0 7 3 】

このようなリッジ構造の半導体レーザの場合でも、InPからなるp型クラッド層18に対して、それより屈折率の大きいInGaAsPからなるn型クラッド層32を用いているので、前記同様に、光の分布をn型クラッド層32側に偏らせることができ、上記同様に高出力のレーザ光が得られる。

【 0 0 7 4 】

また、前記した半導体レーザでは、n型の半導体基板11上に各層を形成した例を示したが、図9に示すように、p型の半導体基板11'上に各層を形成した半導体レーザにおいても、そのn型クラッド層32を、InPからなるp型クラッド層18より屈折率の高いInGaAsPによって構成することで、上記同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 5 】

なお、上記した各半導体レーザでは、SCH層13の最も外側の層13cの組成波長を、

InGaAsPからなるn型クラッド層32の組成波長より長くしていたが、図10に示すように、SCH層13の最も外側の層13cの組成波長をInGaAsPからなるn型クラッド層32の組成波長より短くしてもよい。

【0076】

また、上記した半導体レーザでは、n型クラッド層32を構成するInGaAsPの組成波長を $0.95\mu\text{m}$ としていたが、これは本発明を限定するものではない。ただし、活性層への光閉じ込め係数にもよるが、一般的な高出力レーザにおいてInGaAsPの組成波長を $0.97\mu\text{m}$ より大きくすると、導波光はこのn側クラッドの影響を強く受け過ぎて、導波モードが存在できなくなるので、n型クラッド層32を構成するInGaAsPの組成波長は $0.97\mu\text{m}$ 以下にするのが望ましい。

【0077】

また、上記した各半導体レーザでは、活性層14の両側にSCH層13、15が設けられていたが、図11に示すように、SCH層13、15が設けられておらず、活性層14の両側に両クラッド18、32層が隣接している半導体レーザや、外部共振器型半導体レーザ、発光ダイオード(LED)等の他の半導体発光素子についても本発明を同様に適用できる。

【0078】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の半導体発光素子は、n型クラッド層を、InPからなるp型クラッド層より屈折率が高いInGaAsPによって構成している。

【0079】

このため、簡単な構成で、光の分布をn型クラッド層側に偏らせることができ、活性層の閉じ込め係数を低くした場合でも、p型クラッド層における価電子帯間吸収による光出力の低下を防止でき、高出力の光を得ることができる。

【0080】

また、活性層とn型クラッド層との屈折率差が従来のもより小さくなるので、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅も拡大することができ、高出力化にさらに有利となる。

【0081】

また、p型クラッド層の厚さを増加させる必要がなく、素子抵抗値の増加による光出力の低下を招く恐れもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の斜視図

【図2】実施形態の要部の断面図

【図3】実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【図4】実施形態の光の分布特性を示す図

【図5】他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【図6】他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【図7】図6の実施形態の供給電流対出力の特性を示す図

【図8】リッジ構造の半導体レーザについての実施形態を説明するための図

【図9】p型基板上に構成した例を示す図

【図10】他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【図11】他の実施形態の各層の屈折率特性を示す図

【図12】従来の半導体レーザの斜視図

【図13】従来の半導体レーザの要部断面図

【図14】従来の半導体レーザの要部の屈折率特性を示す図

【図15】n型クラッド層内に別の層を設けた構造を示す図

【符号の説明】

11、11' ……半導体基板、13、15 ……SCH層、14 ……活性層、16、17 ……埋込層、18 ……p型クラッド層、19 ……p型コンタクト層、20 ……p電極、21 ……n電極、22a、22b ……端面、30 ……半導体レーザ、32 ……n型クラッド層

【 手 続 補 正 2 】

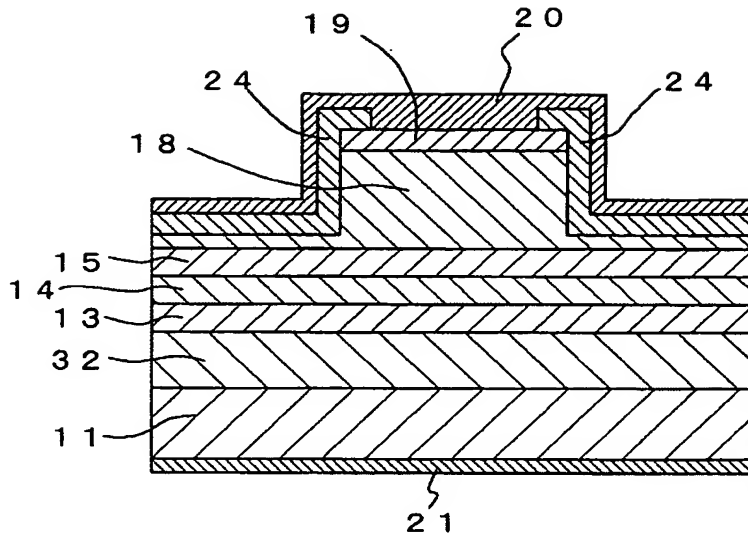
【 補 正 対 象 書 類 名 】 図 面

【 補 正 対 象 項 目 名 】 図 8

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 図 8 】



【 手 続 補 正 書 】

【 提 出 日 】 平 成 15 年 12 月 15 日 (2003. 12. 15)

【 手 続 補 正 1 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 特 許 請 求 の 範 囲

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 特 許 請 求 の 範 囲 】

【 請 求 項 1 】

ＩｎＰからなる基板（１１）上に、活性層（１４）と、該活性層を挟むｎ型クラッド層（３２）およびＩｎＰからなるｐ型クラッド層（１８）を設けた半導体発光素子において、前記ｎ型クラッド層をＩｎＧａＡｓＰによって構成し、且つ前記活性層で生起された光を前記ｎ型クラッド層側に偏って分布させ、前記ｐ型クラッド層内における価電子帯間吸収を低減させるように、前記ｎ型クラッド層の屈折率を前記ｐ型クラッド層の屈折率よりも高くしたことを特徴とする半導体発光素子。

【 請 求 項 2 】

前記ｎ型クラッド層を構成するＩｎＧａＡｓＰの組成波長が０．９７μｍ以下であることを特徴とする請求項１記載の半導体発光素子。

【 請 求 項 3 】

前記活性層とｎ型クラッド層およびｐ型クラッド層の間に、屈折率が各クラッド層に近づく程段階的に小さくなる多層構造の光閉込層（１３、１５）が設けられ、前記光閉込層の各層の屈折率と厚さによって決まる階段状の特性の変化が、前記活性層に近い程ほど急で、前記両クラッド層に近い程緩慢となるように形成されていることを特徴とする請求項１または請求項２記載の半導体発光素子。

【 手 続 補 正 2 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明の請求項1の半導体発光素子は、

InPからなる基板(11)上に、活性層(14)と、該活性層を挟むn型クラッド層(32)およびInPからなるp型クラッド層(18)を設けた半導体発光素子において、前記n型クラッド層をInGaAsPによって構成し、且つ前記活性層で生起された光を前記n型クラッド層側に偏って分布させ、前記p型クラッド層内における価電子帯間吸収を低減させるように、前記n型クラッド層の屈折率を前記p型クラッド層の屈折率よりも高くしたことを特徴としている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

また、本発明の請求項3の半導体発光素子は、請求項1または請求項2の半導体発光素子において、

前記活性層とn型クラッド層およびp型クラッド層の間に、屈折率が各クラッド層に近づく程段階的に小さくなる多層構造の光閉込層(13、15)が設けられ、

前記光閉込層の各層の屈折率と厚さによって決まる階段状の特性の変化が、前記活性層に近い程ほど急で、前記両クラッド層に近い程緩慢となるように形成されていることを特徴としている。

---

フロントページの続き

(72)発明者 菊川 知之

東京都港区南麻布五丁目 10 番 27 号 アンリツ株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA22 AA46 AA74 AA83 BA02 CA12 CB02 CB11 DA05 DA23  
DA35 EA24